

長浜バイオ大学 公開土曜講座
2018年6月23日

遺伝子組換え食品は本当に危険か

長浜バイオ大学 学長
蔡 晃植

遺伝子組換え食品は本当に危険か

- 1) 遺伝子組換え植物の光と影
- 2) 現代農業に欠かせない農薬はどの程度危険か
- 3) 現代社会に押し寄せる大変革の正体

原理と仕組みを理解して、その利点や問題点を自分で判断しよう！

グルメ本で評価が高いお店の料理が必ずしも自分に合うわけではない。実際に食べてみて、自分で判断する。知ることが正確な判断の第一歩。

生物の遺伝はすべて遺伝子の塩基配列によって制御



生物の2つの特徴

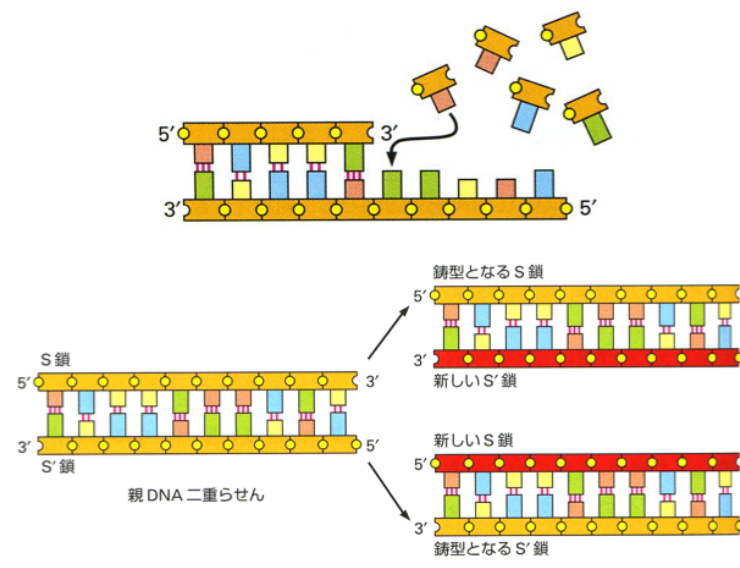
- 1) 自分と同じ種を残したい

普遍性

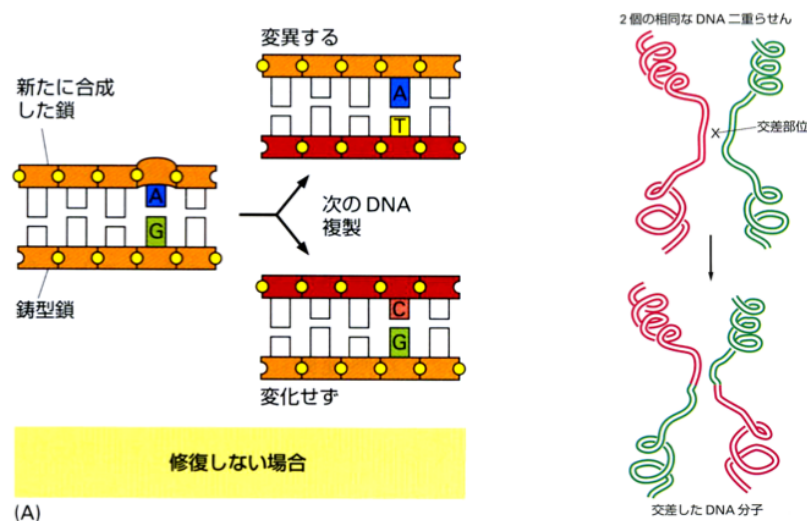
- 2) 親とは少しずつ異なるように変異させたい

多様性

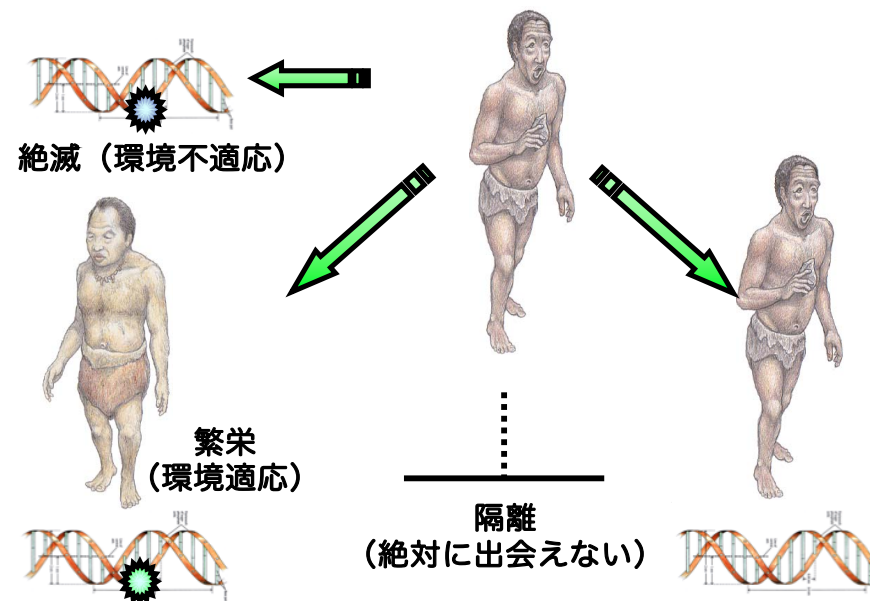
生物の普遍性はDNAの正確な複製による



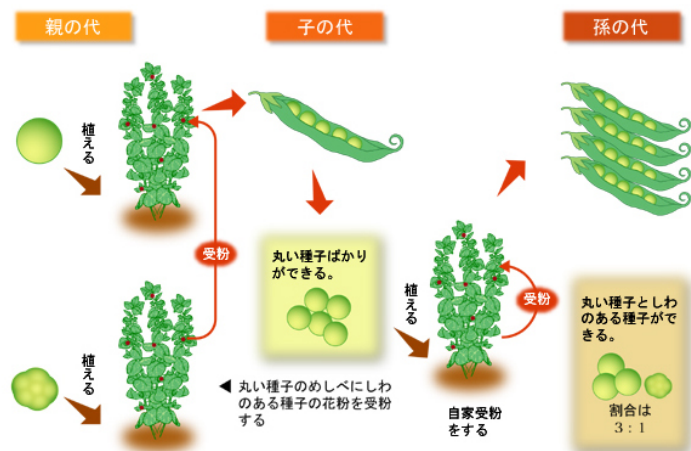
生物の多様性はDNAの複製ミスや突然変異、組換えによる



すべての進化はDNA変異と自然選択および隔離で起きる



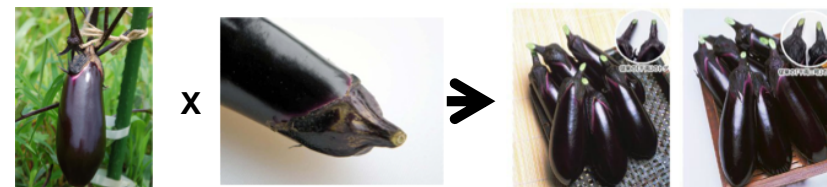
メンデルによって明らかにされた法則



当時、遺伝形質は交雑とともに液体のように混じりあっていく（混合遺伝）と考えられていた。
メンデルはこれを否定し、遺伝形質は遺伝粒子（後の遺伝子）によって受け継がれるという粒子遺伝を提唱した。

植物の育種における問題点

1) 掛け合わせによる育種は近縁種でのみ可能である。



2) 両親が持っていない形質は決して作ることが出来ない。



植物に必要な遺伝子だけを組み込んであげよう

では、必要な遺伝子だけを植物に入れて上げれば、掛け合わせが出来なかった植物間でも新しい品種を作成可能



でも、植物細胞の遺伝子にどのようにして必要なDNAだけを入れるのか？



この問題が長い間解決できなかった。

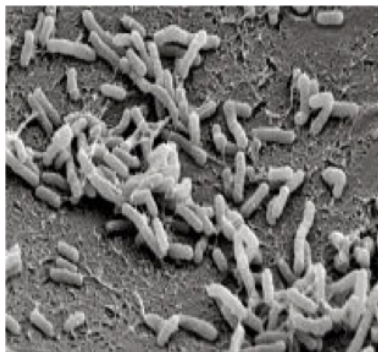


この解決法を見だし、必要な遺伝子だけを入れたのが遺伝子組換え植物

バラにできた根頭癌腫



Agrobacterium rhizogenes

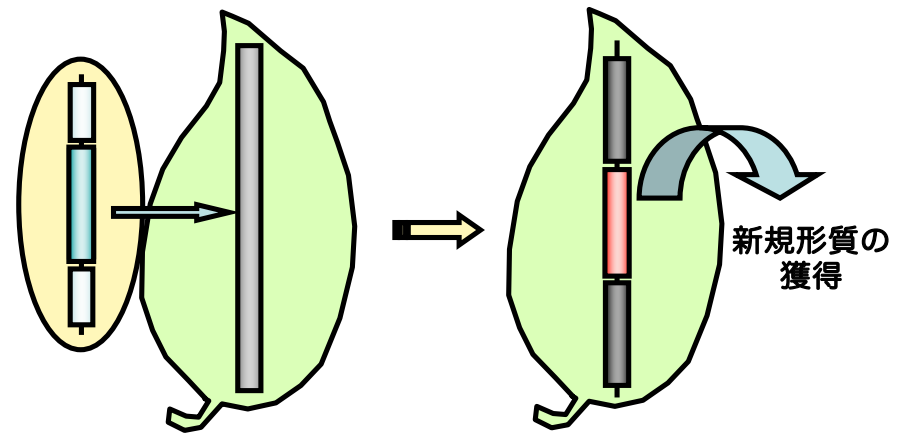


走査電子顕微鏡



透過電子顕微鏡

アグロバクテリウムによる有用遺伝子の導入



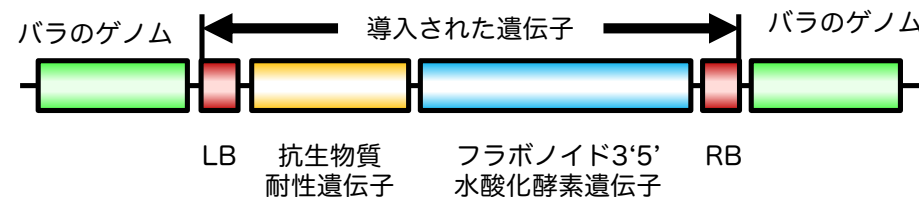
アグロバクテリウムの遺伝子に必要な遺伝子を入れる

植物に有用な遺伝子が入り、遺伝子組換え植物ができる

植物は一つの細胞から元の植物体に戻る (分化全能性)



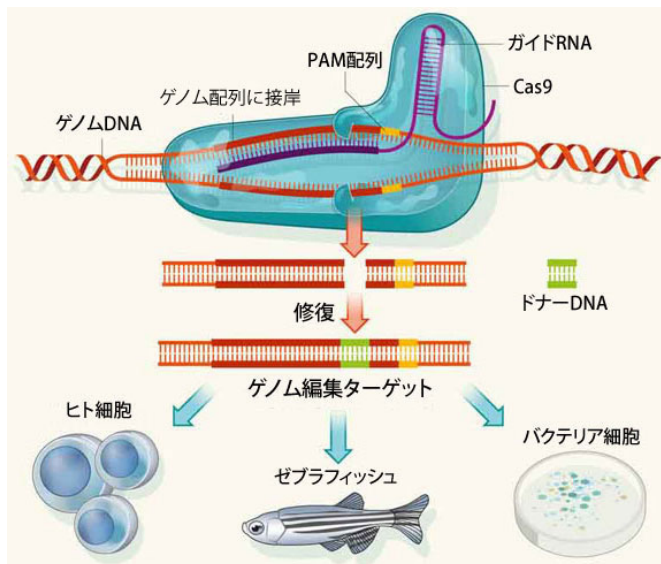
青いバラ（アプローズ）のゲノム構造



形質転換植物には、遺伝子が導入された細胞と導入されていない細胞を見分けるための抗生物質耐性遺伝子が入っている。この遺伝子が導入された植物種は抗生物質が入った培地でも生育出来る。

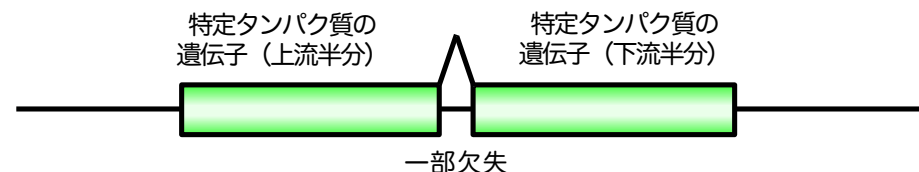
アグロバクテリウムのT-DNAから遺伝子が切り出され、植物のゲノムに導入される時に必要となるLBとRBも必ず入るので、形質転換植物では何らかの共通の痕跡が残る。

痕跡の残らない新しい遺伝子組換え法 (CRISPR/Cas9法)

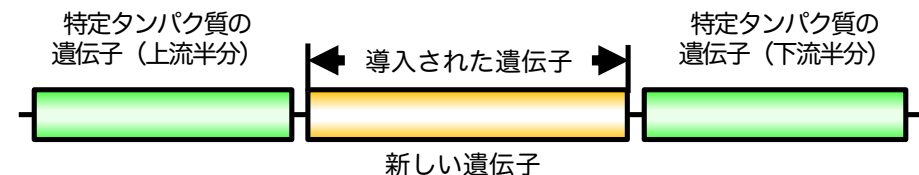


CRISPR/Cas9法を用いた遺伝子組換え植物の作製

1) 遺伝子ノックアウト



2) 遺伝子ノックイン



ノックアウトでは、新たな外来遺伝子は一切入っていない。これは、もはや法律上では遺伝子組換え植物ではない。
ノックインでも、導入した遺伝子がこの植物が本来持っている遺伝子であれば、これは遺伝子組換え植物とはならない。

遺伝子組換え食品は本当に危険か

- 1) 遺伝子組換え植物の光と影
- 2) 現代農業に欠かせない農薬はどの程度危険か
- 3) 現代社会に押し寄せる大変革の正体

農薬の種類

殺虫剤

塩素系
有機リン系
カルバメート系
ネオニコチノイド系など

除草剤

塩素系
トリアジン系など

殺菌剤

植物生育調節剤（作物の収量増加や背丈調節等）

土壌消毒剤

除草剤の分類

ACCアーゼ（アセチル補酵素Aカルボキシラーゼ）阻害剤
ALS（アセト乳酸合成酵素）阻害剤
EPSPS（5-エノールピルビルシキミ酸-3-リン酸合成酵素）阻害剤
合成オーキシシン剤
光化学系II阻害剤
PPO（プロトポルフィリノーゲンオキシダーゼ）阻害剤
PD（フィトエンデサチュラーゼ）阻害剤
HPPD（4-ヒドロキシフェニルピルビン酸ジオキシゲナーゼ）阻害剤
VLCFA（超長鎖脂肪酸）合成阻害剤

農薬の安全性について

農薬はどんなタイプのものでも「毒性」がある。
人体に全く影響の無い、自然農薬などは存在しない。

毒性とはなんだろう

通常は安全である食品でも、ある量以上が一度、または長期的に反復して体内に入ると、生理・生体機能に障害を生じる。

例) 食塩の急性経口毒性値（ラット、LD50値）は、体重1kg当り3g。

体重50kgの人に換算すると、150gの塩を服用すると、半分の人が死んでしまうことを意味する。

農薬の毒性に対する様々な疑問

質問：農薬が付いた野菜を食べると寿命が短くなるのでは

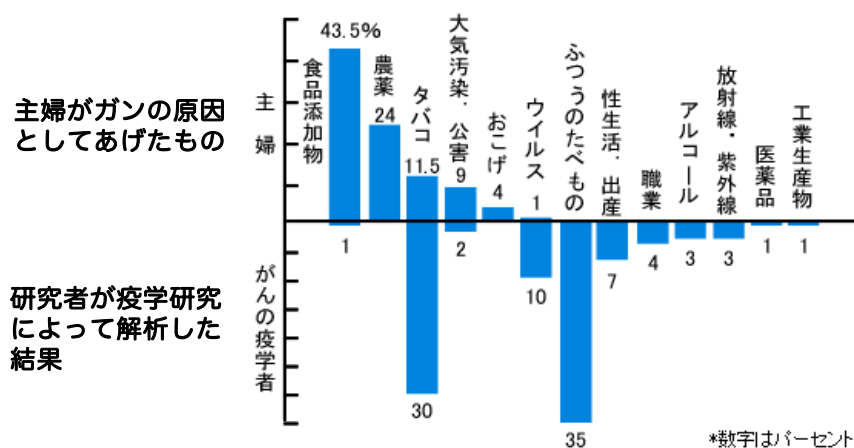
物 質	含まれる物質、用途	ラット、マウス LD50 (mg/kg)
食 品		
カプサイシン	トウガラシ（辛味成分）	60-75
カフェイン	コーヒー、茶	174-192
ソラニン	じゃがいも（芽毒成分）	450
ビタミンC	野菜、果物	11,900
食塩	調味料	3,000-3,500
医薬品		
ジギタリス	強心剤	0.4
コルヒチン	消炎剤	1.7
インドメタシン	消炎剤	12
モルヒネ	鎮痛剤	120-250
アスピリン	解熱剤	400

農薬の毒性に対する様々な疑問

物 質	含まれる物質、用途	ラット、マウス LD50 (mg/kg)
天然毒素		
ボツリヌス毒素	食中毒原因菌生成毒	0.00000032
破傷風毒素	破傷風細菌の毒素	0.0000017
テトロドトキシン	フグ毒	0.0085
アフラトキシン	カビ毒	7
ニコチン	タバコ	24
農 薬		
パラチオン	殺虫剤（有機りん剤）	3.6
クロルピリホス	殺虫剤（有機りん剤）	135
アセフェート	殺虫剤（有機りん剤）	866
ピレトリン	殺虫剤（合成ピレスロイド剤）	519
フェントロチオン	殺虫剤（有機りん剤）	800
ブプロフェジン	殺虫剤（昆虫成長制御剤）	2355
イソプロチオラン	殺菌剤	1340
チオファネートメチル	殺菌剤	6640
グリホサート	除草剤	10537

農薬の毒性に対する様々な疑問

質問：農薬が付いた野菜を食べるとガンになるのでは



質問：ポストハーベスト農薬の方が問題なのでは

農薬名	国際基準	アメリカ	カナダ	EU	日本
馬拉ソン	0.2 (小麦粉)	8 (米、小麦)	8 (穀物)	8 (穀物類)	0.1(米) 小麦 (8)
臭化メチル	—	50 (米、小麦)	—	50 (穀物類)	50(米、小麦)
ピレスリン	0.3 (穀物)	3 (米、小麦)	3 (穀物)	3 (穀物類)	3 (米、小麦)
フェントロチオン	10 (穀物)	—	—	0.5 (穀物)	0.2(米) 10(小麦)
メタクリホス	—	—	—	0.05 (穀物)	0.05(米、小麦)
ジクロルボス	5 (穀物)	0.5 (農産物)	2.0 (食品)	0.01(穀物類)	0.2(米、小麦)

穀物類にポストハーベスト使用が認められている農薬の残留基準値

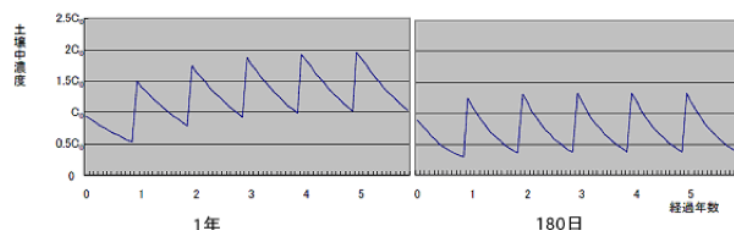
日本では、保管のための燻蒸剤のみが認められている。（臭化メチル、シアン化水素、リン化アルミニウムなど）
海外ではこれ以外にも認められている。そこで、ポジティブリストが出た。

農薬の毒性に対する様々な疑問

質問：毎年農薬を散布するので、農薬が土壌中にたまっていくのでは

散布農薬は土壌表面では太陽光で、土壌中では微生物によって分解される。

土壌中での半減期が180日を超える農薬は登録が保留される



半減期1年、180日の農薬を毎年散布しても、土壌中の農薬は一定量以上にはならない。

農薬の毒性に対する様々な疑問

質問：農薬を使用すると土壌中の生物が死んでしまうのでは。

通常使用量なら影響はほとんど無く、一時的に減少しても短期間で回復する。

特に、ミミズについてはほとんど影響が無いことが明らかになっている。

除草剤や殺虫剤の使用により、土壌中の共生菌類が増加したり、土壌中の窒素やカリウムが増加する場合もある。

一概に、農薬によって生物が死滅するというのは誤り。

農薬や有機農法に関する知識

1) 堆肥などを使って植物を育てる有機農法は人間にも環境にも優しい方法？



有機肥料の成分は化学肥料に含まれるリン、カリウム、窒素と同じ。

有機農法の場合、一部有害な菌が死滅していない場合、深刻な河川の汚染や地下水の汚染が引き起こされる。

農薬や有機農法に関する知識

2) 化学肥料は琵琶湖や河川を富栄養化する。



水田が一番多かったのは1950年代。
この時ほとんどが、化学肥料を使っていた。
しかし、琵琶湖の富栄養化が問題になったのは1970年代以降。
化学肥料の使用量とは一致していない。
住宅密集や雑排水、洗濯水の増加と、下水道未整備が原因

農薬や有機農法に関する知識

3) 農薬は環境を破壊する？



- ・確かに、農薬の中には目的外の生物に影響を与えるものがある。
- ・そこで、現在では残留農薬に対する規制が強くなった。
- ・現在の法律をクリアした農薬は環境中に流れ出る可能性は非常に小さくなった。
- ・また、農薬自体の安全性も高まり、現在ではLD50が食塩より高いものもある。食塩のLD50=3g/kg

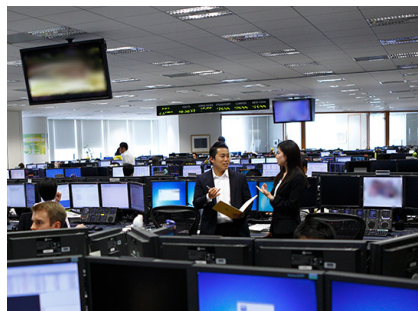
例1) ゴールドマン・サックス証券に見る トレーダーの減少

2000年：

600人のトレーダー達がニューヨーク本社で大活躍！

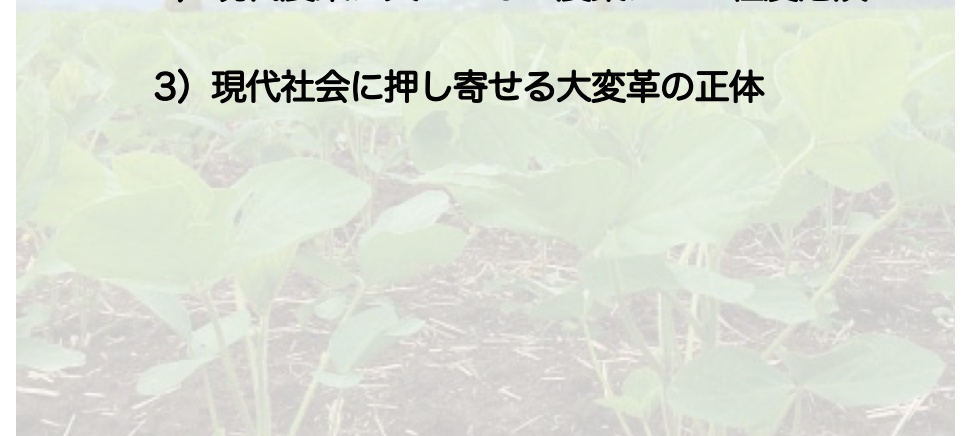
2017年：

わずか2名のトレーダーが残るのみ
あとは200人のIT技術者ばかり



遺伝子組換え食品は本当に危険か

- 1) 遺伝子組換え植物の光と影
- 2) 現代農業に欠かせない農薬はどの程度危険か
- 3) 現代社会に押し寄せる大変革の正体



例3) 医療における画像診断

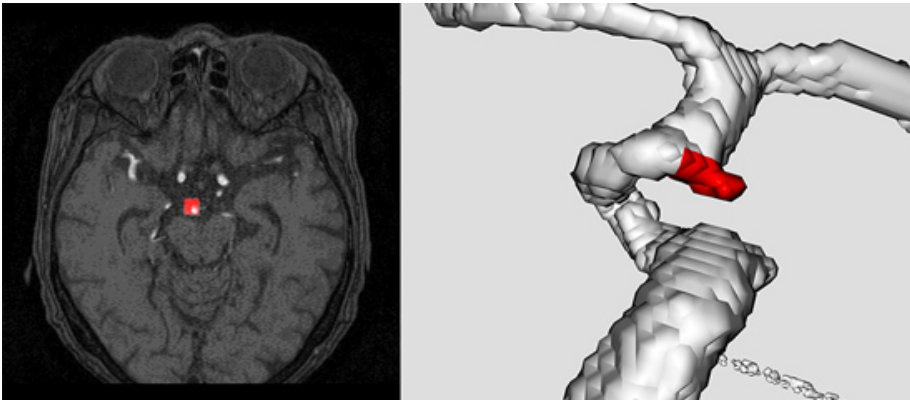
CTやMRIの医療画像装置の発達により、診断医が読影すべき画像の枚数が年々激増し、人手不足と過労が問題視されています。

診断医が精度の高い画像診断のスキルを獲得するまでに、何年も要し、それまでの間に不幸なエラーが多発しています・・・

AIを使った医用画像診断では、医師が一生のうちに経験する症例の数万倍以上の超大規模データを使って学習します！

現時点では、医師よりも遥かに高い精度で診断が可能だが、法的な問題でAIが診断を直接下すことが不可能なだけです。

人工知能による脳のMRI画像診断の例



脳動脈瘤を人工知能の画像解析によって検知した例。
MRIで撮影された脳のスライス画像（左）から動脈部分を抽出して3次元画像として表示（右）。赤いコブの部分、脳動脈瘤と判定された。

例5) Wix ADI (Artificial Design Intelligence) によるホームページ作成

2006年に創業したWix社

2016年に新たに「人工デザイン知能（ADI）」を公開。

「ウェブサイトデザイン・制作における初の人工知能ソリューション」である。

ユーザーは、自分の会社が何をしているか、どのカテゴリーに属するかなどのヒントを提供。

Wix ADIは関連した写真や言葉をビジネスのタイプや場所によって抽出し、ホームページを作成する。

例4) TensorFlowを用いた物品の品質管理

TensorFlow（テンソルフロー）とは？

Googleが開発しオープンソースで公開している、機械学習に用いるためのソフトウェアライブラリー。

ディープラーニングに対応しており、Googleの各種サービスなどでも広く活用されている。

2017年2月15日に TensorFlow 1.0 がリリース。
2018年1月にTensorFlow 1.5がリリース。

対応プログラミング言語はC言語、C++、Python、Java、Go。

対応OSは64ビットのLinux、macOS、Windows。

例6) AIを内蔵した様々なロボット

Boston Dynamics

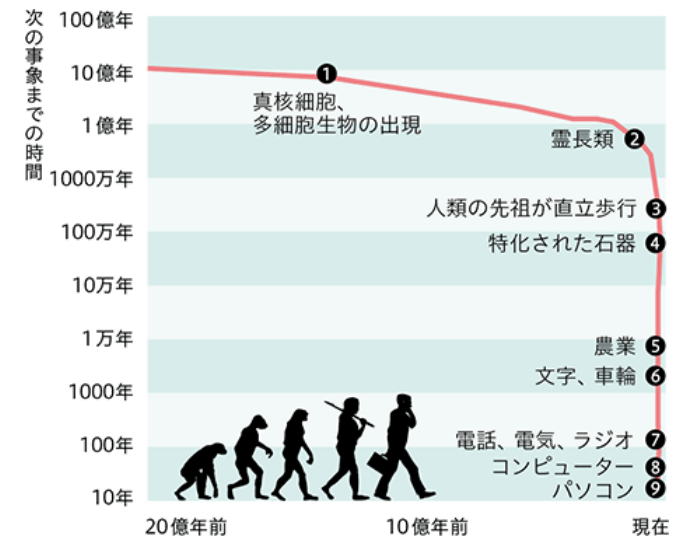
- ・1992年：マサチューセッツ工科大学（MIT）の教授がスピンアウトして設立
- ・DARPA（アメリカ国防高等研究計画局）の資金で軍事用ロボットを開発
- ・2013年：Google により買収されるが、手に負えず売却を発表
- ・2017年：ソフトバンクグループにより買収される

最先端のロボットは、驚くべき進化速度で環境適応能力を身につけている。

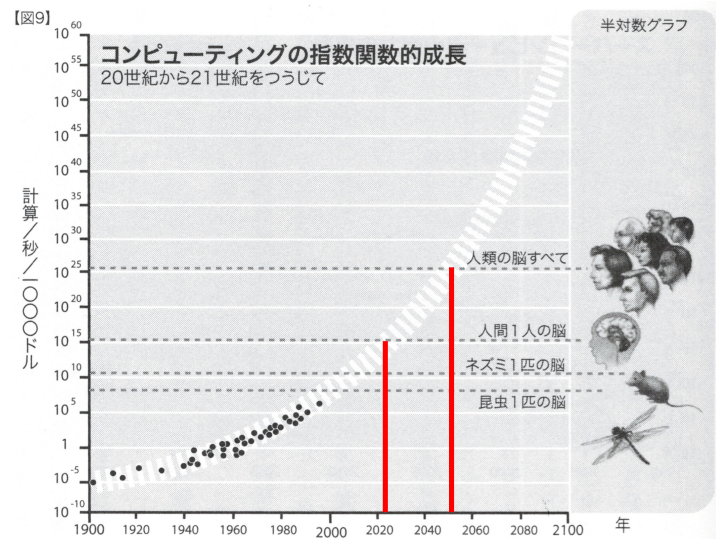
現在の高校生が社会の中心になっている時の社会構造は
AI（人工知能）によって大転換している

- ・就職時のエントリーシートと面接はAIが評価する。
(すでに、ソフトバンク、楽天などでは開始済み)
- ・医療においても、画像診断、心電図、などはAIが評価
(すでに、皮膚科、放射線科、外科、内科などで開始済み)
- ・会社や大学における人事評価、仮釈放の許可などもAIが行う
(一部の人材派遣会社、アメリカの刑務所では開始済み)
- ・将棋や囲碁、チェスはAIが人間を上回る
(すでに、将棋も囲碁もチェスも人間は敗北)
- ・政治家、運転手、会社の経理、財務などもAIが行う
(AI政治家の作成が開始、会社の経理、財務を行うAIはすでに市販されている)

生物の進化とテクノロジー発展の主要な出来事を同一図にプロット



コンピューティングの指数関数的成長



人類の脳を超えるコンピューティングは2020年頃に、
人類の脳すべてのキャパシティを超えるコンピューティングは2050年頃に達成

AIが将来もたらすであろう人類の進化

人々は仮想空間で会話し、勉強し、知識を得て、恋愛もする。



これまでは、突然変異によって得た能力が環境に適応していれば生物は進化した。

これからの人類は、AIの力を借りることで、限定的だった脳の能力を無限に増やす
ことになり、それが環境に適応していれば、人類は進化するようになる。